

بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توده‌های مختلف گیاه دارویی شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

حسن فرهادی^۱، مجید عزیزی^{۲*} و سید حسین نعمتی^۳

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، استاد و استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۲/۲۹)

چکیده

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) از مهم‌ترین گیاهانی است که در صنایع دارویی استفاده می‌شود. به منظور بررسی تأثیر شوری کلرید سدیم بر محتوای رطوبت نسبی، پایداری غشاء، محتوی سبزینه (کلروفیل)، سدیم، پتاسیم، نسبت سدیم به پتاسیم و انباشت متابولیت‌های سازگاری (پرولین)، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار به صورت گلدانی در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت توده بومی شنبلیله از اصفهان، تبریز، همدان، ساری، چالوس، آمل، مشهد، یاسوج و چهار سطح شوری (۶۰، ۱۲۰، ۱۸۰ میلی‌مولار و آب آشامیدنی به عنوان شاهد) بود. نتایج تجزیه‌های آماری نشان داد که تنش شوری اثر معنی‌داری بر محتوای رطوبت نسبی، پایداری غشاء، سبزینه a، سبزینه b، سبزینه کل، سدیم، پتاسیم و میزان پرولین داشت. با افزایش سطوح شوری آب آبیاری همه صفات به جز میزان پرولین، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم کاهش یافت. از نظر صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بیشترین میزان از گروه شاهد (شوری صفر) به دست آمد. بیشترین میزان سدیم، سدیم به پتاسیم و پرولین در آخرین سطح شوری (۱۸۰ میلی‌مولار) نسبت به شاهد مشاهده شد. بین توده‌ها، به ترتیب توده‌های چالوس، مشهد و اصفهان متحمل‌ترین توده‌ها به شوری بودند. بر پایه نتایج این پژوهش، به نظر می‌رسد بتوان از این سه توده به عنوان توده‌های حاوی ژن‌های متحمل به شوری برای اصلاح توده‌هایی با ظرفیت عملکرد زیاد در مناطق شور استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: محتوای آب نسبی (RWC)، پایداری غشاء، پرولین، تنش محیطی، سبزینه.

Investigation of the effects of salt stress on some physiological and biochemical characteristics of different landraces of fenugreek (*Trigonella foenum - graecum* L.)

Hassan Farhadi¹, Majid Azizi^{2*} and Seyed Hossein Nemati³

1, 2, 3. Former M. Sc. Student, Professor and Assistant Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran

(Received: Mar. 14, 2015 - Accepted: May 19, 2015)

ABSTRACT

Fenugreek is one of the important medicinal plant that used in the pharmaceutical industry. In order to investigate the effects of salinity stress on relative water content, membrane stability, total chlorophyll, sodium, potassium, sodium to potassium ratio and proline, a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in 2013. Experimental treatments were combination of eight fenugreek landraces (Isfahan, Tabriz, Hamedan, Sari, Challous, Amol, Mashhad and Yasooj) and four salinity levels (60, 120 and 180 mM NaCl and tap water as a control). Comparison of treatment means revealed significant differences among different salinity levels on relative humidity, membrane stability, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, sodium, and potassium and proline amount. Different levels of salinity led to significant reductions in all of measured in except of proline, sodium and sodium to potassium. The maximum amount of physiological and biochemical characteristics belonged to control (0 mM). The maximum of sodium, sodium to potassium and proline were observed in the salinity level of 180 mM compared to control. Between landraces, Challous, Mashhad, and Isfahan showed the highest amount in most of the studied characteristics in comparison with others. According to the results, these three landraces can be considered as the landraces which contains genes of salt tolerance that could be used to improve genotypes with high potential yield in salin condation.

Keywords: chlorophyll, environmental stress, membrane stability, proline, relative water content (RWC).

مقدمه

2005). بعضی از گیاهان به شدت در اثر تنش شوری آسیب دیده و برخی در شرایط شور می‌توانند زنده بمانند (گیاهان متحمل به شوری) و یا حتی برای آن‌ها سودمند باشد (گیاهان شورپسند)، سازوکار تحمل گیاهان به شوری پیچیده است و شامل اثر متقابل بین ساخت مولکولی، فعالیت آنزیمی و انتقال غشایی است. بعضی از گونه‌ها نمک‌های اضافی را جذب نمی‌کنند، بعضی دیگر پس از جذب از راه غده‌های نمکی روی برگ‌ها آن را دفع می‌کنند. برای جلوگیری از تجمع نمک در سیتوزول بسیاری از گیاهان این عناصر را در واکوئل ذخیره می‌کنند (Kafi & Damghani, 2002). در آزمایشی Hanson *et al.* (1999) نشان دادند که تنظیم محتوای نسبی آب برگ در شرایط شور، بخشی از فرآیند تحمل به شمار می‌آید، چراکه محتوای آب و املاح با کمک هم میزان فشار آماس را مشخص می‌کنند. همچنین در شرایط تنش شوری یاخته‌های گیاه برای حفظ توان اسمزی برای جذب آب، به تجمع نمک یا ساخت ترکیب‌های آلی مانند قندها و اسیدهای آمینه می‌پردازد و در این شرایط میزان نسبی آب برگ بر اثر افزایش غلظت نمک به شدت کاهش می‌یابد. تأثیر سوء کاهش آب در گیاهان، از کاهش ساده فشار تورمی یاخته که منجر به کاهش قابل برگشت گسترش برگ‌ها و ریشه‌ها می‌شود تا آسیب شدید و حتی پلاسمولیز (Plasmolysis) یاخته‌ای، می‌تواند از جمله اثرگذاری‌های قابل برگشت تنش باشد (Salehi *et al.*, 2005). به‌عنوان یک قاعده کلی به نظر می‌رسد که گیاهانی که در شرایط شور تندتر به حالت تعدیل اسمزی می‌رسند، با محیط اطراف خود سریع‌تر سازگار شده و با جذب بهتر آب می‌توانند میزان نسبی آب را در حد مطلوب حفظ کنند (Yarnia *et al.*, 2005).

طی پژوهشی (Khavari 1997) نشان داد که اگر گیاه در شرایط تنش‌های محیطی مانند تنش شوری قرار بگیرد، روند تغییر میزان سبزینه (کلروفیل) برگ به دلیل ساخت آنتوسیانین‌های تولیدشده در شرایط تنش و در نتیجه عدد سبزینه‌متر خوانده شده بسیار متفاوت از شرایط بدون تنش خواهد بود. Navari *et al.* (1988) از تراوش الکترولیت‌ها از ریشه ذرت

هم‌اکنون منابع بزرگی از آب‌های سطحی و زیرزمینی شورکلاس و نیمه شور وجود دارد که به احتمال در آینده از آن‌ها برای آبیاری استفاده خواهد شد. از جمله این آب‌ها می‌توان به رودخانه‌های جراحی و هندیجان در استان خوزستان و شاپور و دالکی در استان بوشهر اشاره کرد (Heidari Sharif Abad, 2001). بررسی‌های خاک‌شناسی حدود ۳۸ درصد از ۶/۵ میلیون هکتار اراضی خوزستان نشان داده است که تنها ۳/۱۵ درصد از اراضی بررسی‌شده هیچ‌گونه محدودیتی ندارند، در حالی که ۱۴/۷ درصد از این خاک‌ها در کلاس دو قرار گرفته و محدودیت‌های گوناگون، به‌ویژه شوری دارند (Taherzadeh, 2005).

شوری یکی از تنش‌های عمده و اصلی در کشت و کار گیاهان به شمار می‌آید. تنش شوری از دیرباز عامل محدودکننده مهمی در نظام‌های کشاورزی بوده و آن را می‌توان به‌صورت حضور مواد کانی اضافی یا تجمع نمک در خاک مناطق خشک و یا آبیاری بیان کرد که سبب اختلال در فرآیند رشد و نمو گیاه می‌شود (Taiz & Zeiger, 1998). تنش شوری همچون خشکی به دلیل دخالت در سازوکار اسمزی سبب محدودیت دسترسی آب در سطح و اعماق خاک شده و بدین ترتیب رشد گیاهان را متأثر می‌کند (Munns, 2002). تنش شوری بر همه گیاهان و گونه‌های مختلف که در خاک‌های شور به‌طور طبیعی رشد می‌کنند اثرگذاری یکسانی ندارد. مقاومت گیاهان به شوری به‌صورت قابلیت و توانایی ایستادگی و تحمل گیاه در برابر اثرگذاری غلظت‌های بالای نمک در ناحیه ریشه، بدون نشان دادن تأثیر شایان توجه در ظاهر اندام هوایی آن تعریف می‌شود (Shannon & Greve, 1999).

به دلیل محل رویش شماری از گیاهان دارویی در نواحی گرم و شور، افزایش و شناخت سازوکارهای مقاومت به شوری این گیاهان اهمیت ویژه‌ای دارد. در طی آغاز و پیشرفت تنش شوری درون یک گیاه همه فرآیندهای عمده مانند نورساخت (فتوسنتز)، ساخت (سنتز) پروتئین و سوخت‌وساز (متابولیسم) چربی و انرژی تحت تأثیر واقع می‌شوند (Parida & Das, 2005).

استفاده شد. برای زه‌کشی مناسب و جلوگیری از تجمع نمک در گلدان‌ها در کف گلدان‌ها از بافت درشت استفاده شد، خاک گلدان‌ها شامل ۳۰ درصد خاک زراعی (بافت خاک لوم رسی با pH معادل ۷/۶)، ۳۰ درصد ماسه، ۳۰ درصد خاک‌برگ و ۱۰ درصد کود دامی بود. بذره‌های شنبليله توسط هیپوکلید سدیم ۱ درصد ضدعفونی و در گلدان‌ها کشت شدند. در هر گلدان هفت عدد بذر به عمق حدود ۲/۵ سانتی‌متر قرار گرفت. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها به سه بوته در هر گلدان کاهش داده شدند. تیمارهای شوری نیز برای جلوگیری از تکانه (شوک) اسمزی به تدریج از ۳۰ میلی‌مولار کلرور سدیم از مرحله شش برگی آغاز شد و غلظت‌های بیشتر به تدریج در هجده روز به گلدان‌ها اضافه شد. برای جلوگیری از تجمع نمک، گلدان‌ها پس از سه دور آبیاری با آب شور در هفته با آب آشامیدنی آیشویی شدند. میزان ظرفیت زراعی هر گلدان بر پایه روش وزنی تعیین شد. آبیاری به صورت یک روز در میان انجام و تغذیه گیاه با کود N:P:K (۲۰ درصد نیتروژن، ۲۰ درصد فسفر و ۲۰ درصد پتاسیم) از مرحله ده برگی هر دو هفته یکبار انجام شد.

برای تعیین محتوی نسبی آب برگ از روش Kaya *et al.* (2003) استفاده شد. اندازه‌گیری‌ها از سه تکرار انجام و متوسط آن‌ها ثبت شد. بدین منظور از برگ‌های بسیار توسعه‌یافته نمونه‌برداری و پس از اندازه‌گیری وزن تر (FM) نمونه‌های سالم به مدت شش ساعت در آب مقطر به حالت غوطه‌ور قرار داده و سپس وزن آماس یا تورژسانس (TM) آن‌ها اندازه‌گیری شد. نمونه‌ها برای اندازه‌گیری وزن خشک (DM) به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سلسیوس در آون قرار گرفتند. محتوی نسبی آب برگ از رابطه زیر محاسبه شد:

$$RWC (\%) = \frac{(FM - DM)}{(TM - DM)} \times 100$$

پس از اعمال تنش و در مرحله گلدهی، شاخص سبزینه با استفاده از دستگاه سبزینه‌سنج (SPAD-) (502; Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) و در جوان‌ترین برگ توسعه‌یافته در سه تکرار خوانده و میانگین آن‌ها ثبت شد. برای تعیین میزان سدیم و

به‌عنوان شاخصی از میزان آسیب وارده به نفوذپذیری غشاء ناشی از تنش آب و شوری استفاده کردند.

شنبليله (*Trigonella foenum-graecum* L.) گیاهی دارویی از تیره بقولات (لگومیوز) است. مواد مؤثره این گیاه کاهش‌دهنده قند خون، ضدالتهاب و نرم‌کننده پوست است. در دارونامه (فارماکوپه)‌های معتبر از دانه‌های شنبليله به‌عنوان دارو یاد شده است و به خواص درمانی آن تأکید شده است. در صنایع دارویی از مواد مؤثره دانه‌های این گیاه هورمون‌های جنسی، کورتیکو استروئیدها، ویتامین D و گلیکوزیدهای پیشین تهیه می‌شود (Omid Baigi, 2004). با توجه به اینکه شنبليله یکی از مهم‌ترین گیاهان دارویی خانواده بقولات (Leguminosae) است و شوری آب‌وخاک در بیشتر مناطق باعث کاهش ظرفیت عملکرد این گیاه می‌شود در نتیجه این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تنش شوری بر برخی صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توده‌های بومی این گیاه شامل محتوی رطوبت نسبی (RWC)، پایداری غشاء، محتوی سبزینه، پرولین و میزان سدیم و پتاسیم برگ در شرایط آب و هوایی مشهد و تعیین متحمل‌ترین توده‌ها به شوری به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کامل تصادفی با سه تکرار در بهار سال ۱۳۹۲ در شرایط آب و هوایی مشهد به صورت گلدانی اجرا شد. لازم به یادآوری است که سطوح شوری بر پایه آستانه مقاومت گیاه شنبليله به نمک کلرید سدیم انتخاب شدند (Yarnia *et al.*, 2005). تیمارهای آزمایشی شامل هشت توده بومی شنبليله از اصفهان، تبریز، همدان، ساری، چالوس، آمل، مشهد، یاسوج و سه سطح شوری (۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ میلی‌مولار و آب آشامیدنی به‌عنوان شاهد) که به ترتیب هدایت الکتریکی معادل ۰/۷، ۲/۴۰، ۴/۴۷ و ۶/۴۰ دسی زیمنس بر متر داشتند. سطوح شوری با استفاده از کلرور سدیم ۹۷ درصد اعمال و تیمار شاهد با آب شهری مشهد آبیاری شد. برای کاشت توده‌های بومی شنبليله از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ سانتی‌متر و ارتفاع ۳۷ سانتی‌متر

ده دقیقه سانتریفیوژ و میزان سبزینه a در طیف جذبی ۶۶۶ nm و میزان سبزینه b در ۶۵۳ nm با استفاده از دستگاه طیفسنج نوری خوانده و به کمک فرمول Lichtenthaler & Velbern بر پایه میلی گرم سبزینه در گرم برگ خشک محاسبه شدند. بر مبنای معادله‌های ۲ و ۳:

$$\text{Chl.a (mg ml}^{-1}\text{)} = 15.65(A_{666}) - 7.340(A_{653})$$

$$\text{Ch.b (mg ml}^{-1}\text{)} = 27.05(A_{653}) - 11.21(A_{666})$$

A = میزان جذب در طول موج موردنظر است. برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم افزار SAS 9.1 استفاده شد. به منظور مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین توده‌ها و تیمارهای مختلف شوری از نظر همه صفات معنی دار ($P \leq 0.01$) بود ولی اثر متقابل توده شنبلیله و شوری تنها برای صفات سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم معنی داری شد ($P \geq 0.01$) (جدول ۱).

محتوای رطوبت نسبی

در این تحقیق، اختلاف بین توده‌های شنبلیله و تیمارهای مختلف شوری از نظر محتوای رطوبت نسبی معنی دار ($p \leq 0.01$) بود ولی در مورد اثر متقابل توده و شوری روی این صفت تفاوت معنی داری ($p \geq 0.05$) مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثرگذاری ساده نشان داد که توده اصفهان در بین توده‌های موردبررسی بیشترین محتوای رطوبت نسبی آب برگ را داشت و توده‌های تبریز، همدان، ساری، چالوس، آمل، مشهد و یاسوج نسبت به این توده به ترتیب ۱۳/۷۰، ۱۶/۳۳، ۱۳/۹۵، ۷/۰۲، ۱۸/۵۲، ۴/۰۴، ۱۱/۹۰ درصد کاهش در محتوای آب نسبی را نشان دادند. بنابراین توده اصفهان نسبت به دیگر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر شوری از نظر محتوای رطوبت نسبی است. البته بین توده‌های تبریز، همدان و ساری تفاوت معنی داری از نظر این صفت مشاهده نشد (جدول ۲). در مقایسه بین سطوح مختلف شوری از لحاظ این صفت، سطوح ۰ و ۶۰

پتاسیم در برگ گیاه از روش هضم تر استفاده شد (Hejazi *et al.*, 2005) و سپس میزان سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فیلم فتومتر مدل (JENWAY PFP7) اندازه‌گیری شدند. برای تعیین پایداری غشای سیتوپلاسمی از روش اندازه‌گیری نشت الکترولیتی^۱ و از روش Blum & Ebercon (1981)^۲ که توسط Marcum (1998) اصلاح شده بود، استفاده شد. برای این کار پس از اعمال تنش‌ها و در مرحله گل‌دهی شمار یک برگ از هر گلدان انتخاب و در ویال‌های حاوی آب دو بار تقطیر شده قرار گرفتند. سپس نمونه‌ها روی شیکر قرار گرفته و پس از ۲۴ ساعت نشت الکترولیت‌ها با استفاده از دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد (EC1). به منظور اندازه‌گیری میزان کل نشت الکترولیت‌ها در اثر مرگ یاخته، ویال‌ها به مدت نیم ساعت در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس در اتوکلاو قرار داده شد. سپس نمونه‌ها به محیط آزمایشگاه منتقل شده و پس از رسیدن دمای نمونه‌ها به دمای محیط، دوباره نشت الکترولیت‌های نمونه‌ها اندازه‌گیری شد (EC2).

$$\text{درصد آسیب} = 1 - \frac{\frac{T_1}{C_1}}{\frac{T_2}{C_2}} \times 100$$

درصد آسیب - ۱ = درصد پایداری غشاء T1 و T2، به ترتیب EC نمونه تیمار پیش و پس از اتوکلاو و C1 و C2، به ترتیب EC نمونه شاهد پیش و پس از اتوکلاو است.

میزان سبزینه a و b در نمونه‌های برگ بر مبنای روش طیفسنجی و با استفاده از دستگاه طیفسنج نوری (اسپکتوفتومتر) مدل (Bio Quest, CE 2502, UK) اندازه‌گیری شد. برای این منظور دو نمونه از برگ‌های به‌طور کامل توسعه‌یافته و جوان هر تکرار در پایان مرحله گلدهی تهیه و به‌سرعت به آزمایشگاه منتقل شدند. از هر نمونه برگ ۵۰ میلی‌گرم توزین شد و در ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۸ درصد قرار داده شدند. نمونه‌ها در سرعت ۱۶۰۰ دور در دقیقه به مدت

1. Electrolyte Leakage
2. Blum and Ebercon

چون CO₂ لازم برای نورساخت فراهم نمی‌شود. کاهش هدایت روزنه‌ای از موارد مهمی است که در جریان تنش شوری موجب کاهش نورساخت می‌شود. نتایج دیگر محققان گویای کاهش میزان نسبی آب برگ در گیاهان مختلف در شرایط تنش شوری است (Heidari-Sharif Abad, 2001). در شرایط تنش شوری، گیاه برای حفظ توان اسمزی برای جذب آب به تجمع نمک یا ساخت ترکیب‌های آلی مانند قندها و اسیدهای آمینه می‌پردازد به همین علت در چنین شرایطی میزان نسبی آب برگ بر اثر افزایش غلظت نمک به شدت کاهش می‌یابد (Hanson et al., 1999).

میلی‌مولار بیشترین میانگین محتوای رطوبت نسبی را به خود اختصاص دادند و از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۳). با افزایش سطوح شوری محتوای رطوبت نسبی روند کاهشی پیدا کرده است، به طوری که این صفت در سطح ۱۸۰ میلی‌مولار شوری نسبت به شاهد ۵۸/۴۷ درصد کاهش یافته است. در واقع با افزایش سطح شوری میزان رطوبت نسبی کاهش یافت، کاهش ظرفیت آب برگ و محتوای رطوبت نسبی به مفهوم کاهش وضعیت آبی گیاه است که می‌تواند منجر به بسته شدن روزنه‌ها شود ولی بسته شدن درازمدت روزنه برای گیاه زیانبار است

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در گیاه دارویی شنبلیله

Table 1. Analysis of variance of the studied traits in medicinal plant fenugreek

S.O.V	df	Relative humidity content	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Total chlorophyll	Membrane stability	Sodium	Potassium	Sodium to potassium	Proline
Landrace (A)	7	247.37**	4.76**	5.01**	19.34**	68.19**	0.92**	112.85**	0.01**	38.02**
Salinity (B)	3	419.73**	30.70**	17.03**	90.66**	490.53**	7.35**	226.91**	0.05**	96.81**
A×B	21	0.44 ^{ns}	0.12 ^{ns}	0.06 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.30 ^{ns}	0.05**	0.93 ^{ns}	0.001**	0.68 ^{ns}
Error	64	20.39	0.32	0.07	0.28	5.42	0.01	2.08	0.00001	1.15

ns, *, **: به ترتیب غیرمعنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد.

ns, *, **: non significant and significant at 1 and 5% level probability, respectively.

جدول ۲. مقایسه توده‌های مختلف از نظر میانگین صفات مورد بررسی

Table 2. Comparison of the different fenugreek landraces for the studied traits

Landrace	Relative water content (%)	Chlorophyll a (mg/gfw)	Chlorophyll b (mg/gfw)	Total chlorophyll (mg/gfw)	Membrane stability (%)	Potassium (mg/g)	Proline (µm/gdw)
Esfahan	71.00 ^a	5.62 ^b	4.41 ^b	10.03 ^b	67.85 ^a	22.06 ^b	8.88 ^c
Tabriz	61.27 ^{de}	5.10 ^c	3.63 ^{cd}	8.73 ^{cd}	61.73 ^{de}	16.00 ^{ef}	5.98 ^c
Hamedan	59.40 ^{de}	5.01 ^{cd}	3.51 ^{de}	8.52 ^d	61.17 ^e	15.96 ^{ef}	7.19 ^d
Sari	61.09 ^{de}	5.33 ^{bc}	3.76 ^c	9.09 ^c	63.88 ^{bc}	18.18 ^d	7.23 ^d
Challous	66.01 ^{bc}	6.44 ^a	5.02 ^d	11.46 ^a	64.48 ^b	23.49 ^a	11.26 ^a
Amol	57.85 ^e	5.45 ^{bc}	4.24 ^b	9.69 ^b	63.08 ^{bd}	16.75 ^c	8.36 ^c
Mashhad	68.13 ^{ab}	6.29 ^a	4.89 ^a	11.18 ^a	66.75 ^a	20.05 ^c	10.14 ^b
Yassooj	62.55 ^{cd}	4.59 ^d	3.29 ^e	7.88 ^e	62.20 ^{ce}	15.35 ^f	6.89 ^d

جدول ۳. تأثیر غلظت‌های مختلف شوری بر میانگین صفات مورد بررسی در گیاه دارویی شنبلیله

Table 3. Effect of different concentrations of salinity on the studied traits in medicinal plant fenugreek

Salt concentration (mM)	Relative water content (%)	Chlorophyll a (mg/gfw)	Chlorophyll b (mg/gfw)	Total chlorophyll (mg/gfw)	Membrane stability (%)	Potassium (mg/g)	Proline (µm/gdw)
0	67.86 ^a	7.03 ^a	5.04 ^a	12.07 ^a	69.88 ^a	22.89 ^a	5.82 ^d
60	65.68 ^a	5.37 ^b	4.45 ^b	9.82 ^b	63.76 ^b	18.10 ^b	7.57 ^c
120	61.65 ^b	5.21 ^b	3.83 ^c	9.04 ^c	63.00 ^b	17.03 ^c	9.08 ^b
180	58.47 ^c	4.31 ^c	3.07 ^d	7.38 ^d	58.93 ^c	15.90 ^d	10.50 ^a

شوری بر سبزینه a معنی‌دار ($p \leq 0.01$) شد ولی اثر متقابل توده در شوری از نظر آماری معنی‌دار ($p \geq 0.05$)

سبزینه a نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تأثیر توده شنبلیله و

نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثرپذیری ساده نشان داد که توده چالوس در بین توده‌های موردبررسی بیشترین میزان سبزینه a را داشت و توده‌های اصفهان، تبریز، همدان، ساری، آمل، مشهد و یاسوج نسبت به این توده به ترتیب ۱۲/۷۳، ۲۰/۸۰، ۲۲/۲۰، ۱۷/۲۳، ۱۵/۳۷، ۲/۳۲، ۲۸/۷۲ درصد کاهش نشان دادند. بنابراین توده چالوس و در مرحله بعد توده‌های مشهد و اصفهان نسبت به دیگر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده‌ها در برابر شوری از نظر سبزینه a بودند (جدول ۲). با افزایش سطوح شوری سبزینه a روند کاهشی پیدا کرده است، به طوری که این صفت در سطح شوری ۱۸۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۳۸/۶۹ درصد کاهش نشان داد. البته بین سطح دوم و سطح سوم شوری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). کاهش محتوی سبزینه در اثر شوری بر پایه گزارش‌های داده شده از سوی پژوهشگران دیگر می‌تواند ناشی از اثر بازدارندگی یون‌های تجمع‌یافته در کلروپلاست (Chookhampaeng, 2011)، تخریب سبزینه توسط تنش اکسایشی (اکسیداتیو) ناشی از نمک، فعال شدن آنزیم کلروفیلاز^۱ یا ناپایدار شدن کمپلکس رنگیزه پروتئین توسط یون‌های نمک (Saha et al., 2010) باشد.

سبزینه کل

در این آزمایش، اختلاف بین توده‌ها و تیمارهای مختلف شوری از نظر سبزینه کل در سطح ۱ درصد ($p \leq 0/01$) معنی‌دار شد ولی در مورد اثر متقابل توده و شوری روی این صفت تفاوت معنی‌داری ($p \geq 0/05$) مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد توده چالوس با میانگین ۱۱/۴۶ (mg/gfw) و توده یاسوج با میانگین ۷/۸۸ (mg/gfw) به ترتیب بیشترین و کمترین محتوی سبزینه کل را در بین توده‌های موردبررسی داشتند. بنابراین توده چالوس نسبت به دیگر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر شوری از نظر محتوی سبزینه کل بود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح شوری نشان داد، تیمار شاهد نسبت به همه سطوح شوری بیشترین میزان سبزینه کل را داشته است و اختلاف آن با سطوح ۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار معنی‌داری بود. در بین چهار سطح شوری پس از تیمار شاهد بیشترین میزان سبزینه کل با میانگین ۹/۸۲ (mg/gfw) متعلق به سطح ۶۰ میلی‌مولار و کمترین میزان سبزینه با میانگین ۷/۳۸ (mg/gfw) به سطح آخر شوری (۱۸۰ میلی‌مولار) اختصاص داشت (جدول ۳). این نتایج با یافته‌های Kafi et al. (2010) همخوانی دارد. شوری منجر به تغییر کمی و کیفی در ترکیب رنگ‌دانه‌ای برگ

نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌های اثرپذیری ساده نشان داد که توده چالوس در بین توده‌های موردبررسی بیشترین میزان سبزینه a را داشت و توده‌های اصفهان، تبریز، همدان، ساری، آمل، مشهد و یاسوج نسبت به این توده به ترتیب ۱۲/۷۳، ۲۰/۸۰، ۲۲/۲۰، ۱۷/۲۳، ۱۵/۳۷، ۲/۳۲، ۲۸/۷۲ درصد کاهش نشان دادند. بنابراین توده چالوس و در مرحله بعد توده‌های مشهد و اصفهان نسبت به دیگر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده‌ها در برابر شوری از نظر سبزینه a بودند (جدول ۲). با افزایش سطوح شوری سبزینه a روند کاهشی پیدا کرده است، به طوری که این صفت در سطح شوری ۱۸۰ میلی‌مولار نسبت به شاهد ۳۸/۶۹ درصد کاهش نشان داد. البته بین سطح دوم و سطح سوم شوری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). کاهش محتوی سبزینه در اثر شوری بر پایه گزارش‌های داده شده از سوی پژوهشگران دیگر می‌تواند ناشی از اثر بازدارندگی یون‌های تجمع‌یافته در کلروپلاست (Chookhampaeng, 2011)، تخریب سبزینه توسط تنش اکسایشی (اکسیداتیو) ناشی از نمک، فعال شدن آنزیم کلروفیلاز^۱ یا ناپایدار شدن کمپلکس رنگیزه پروتئین توسط یون‌های نمک (Saha et al., 2010) باشد.

سبزینه b

سبزینه b نیز روندی همسان با سبزینه a در همه تیمارهای آزمایشی نشان داد (جدول ۱). توده چالوس با میانگین ۵/۰۲ (mg/gfw) بیشترین و توده یاسوج با میانگین ۳/۲۹ (mg/gfw) کمترین محتوی سبزینه b را در برگ شنبليله نشان داد. بنابراین توده چالوس نسبت به دیگر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر شوری از نظر سبزینه b بود (جدول ۲). با افزایش سطح شوری، سبزینه b یک روند کاهشی را نشان داد. بالاترین و پایین‌ترین میزان سبزینه b با میانگین ۵/۰۴ (mg/gfw) و ۳/۰۷ (mg/gfw) به ترتیب مربوط به تیمار شاهد و غلظت ۱۸۰ میلی‌مولار شوری بوده است (جدول ۳). کاهش میزان سبزینه b در اثر شوری می‌تواند به دلیل کاهش ساخت آن و یا افزایش تجزیه آن باشد. Santos (2004) گزارش کرد

1. Chlorophyllase

خاصی را جذب و نگهداری کند برخی دیگر از مواد را دفع کند. ویژگی انتخابی غشاء یاخته‌ای در ریشه و قسمت‌های دیگر گیاه مانند یک پالایشگر (فیلتر) عبور یون‌ها را کنترل کرده و نسبت مطلوب یون‌های سدیم و پتاسیم را برای فعالیت‌های یاخته فراهم می‌سازد (Jacoby, 1994). (Navari et al., 1998) از تراوش الکترولیت‌ها از ریشه ذرت به‌عنوان شاخصی از میزان آسیب وارده به نفوذپذیری غشاء ناشی از تنش آب و شوری استفاده کردند.

پتاسیم

بر پایه نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) میزان پتاسیم در اندام هوایی تحت تأثیر توده و شوری معنی‌دار ($p \leq 0.01$) شد ولی در مورد اثر متقابل توده در شوری تفاوت معنی‌داری ($p \geq 0.05$) مشاهده نشد. مقایسه میانگین‌های اثرگذاری ساده نشان داد که توده چالوس در بین توده‌های موردبررسی بیشترین میزان پتاسیم در اندام هوایی را داشت و توده‌های اصفهان، تبریز، همدان، ساری، آمل، مشهد و یاسوج نسبت به این توده به ترتیب ۶/۰۸، ۳۱/۸۸، ۳۲/۰۹، ۲۲/۶۰، ۲۸/۶۹، ۱۴/۶۴، ۶۴/۳۵ درصد کاهش نشان دادند. بنابراین توده چالوس و در مرحله بعد توده‌های اصفهان و مشهد نسبت به دیگر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده‌ها در برابر شوری از نظر سبزینه a بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری، میزان پتاسیم کاهش یافت به‌طوری‌که این صفت در آخرین سطح شوری نسبت به شاهد ۳۰/۵۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). (Francois et al., 1998) بیان کردند شوری سبب تجمع سدیم و کاهش پتاسیم در تریتیکاله می‌شود. (Parvaiz & Satyawati, 2008) نشان دادند علت کاهش جذب پتاسیم در شرایط شور، انتقال کاتیون‌های Na^+ و K^+ با یک پروتئین مشترک است که Na^+ برای ورود به یاخته با K^+ رقابت می‌کند.

سدیم

بنابر نتایج تجزیه واریانس، همه اثرهای ساده و متقابل

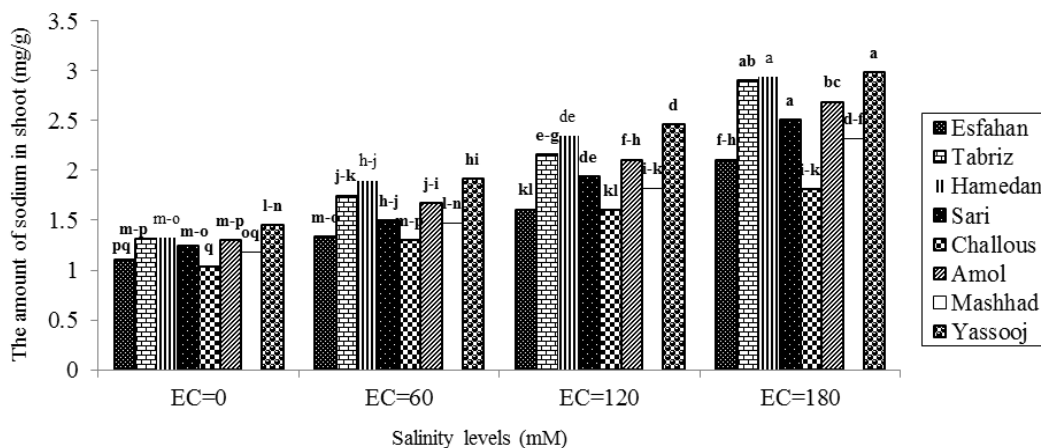
گیاهان می‌شود که این عمل بستگی به گیاه موردبررسی و میزان شوری دارد. طی آزمایشی Parida & Das (2005) بیان کردند که محتوای سبزینه تحت شرایط شوری کاهش پیدا می‌کند. به این ترتیب برگ‌ها در اثر شوری در آغاز سبزد (کلروزه) یا رنگ‌پریده و پس از آن آغاز به ریزش می‌کنند. کاهش در رنگ‌دانه‌های نورساختی گیاهان تحت شرایط شوری به‌طور عمده در اثر جلوگیری از زیست‌ساخت (بیوسنتز) و یا تجزیه آن‌ها صورت می‌پذیرد (Khan et al., 2006). در واقع تنش شوری منجر به افزایش رادیکال‌های آزاد اکسیژن در کلروپلاست‌ها شده و در نتیجه غشای کلروپلاستی آسیب دیده و قابلیت حیاتی خود را از دست می‌دهد (Zhang et al., 2003).

پایداری غشاء

صفت پایداری غشاء بر پایه نتایج به‌دست‌آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) تحت تأثیر توده و شوری معنی‌دار ($p \leq 0.01$) شد، ولی در مورد اثر متقابل توده در شوری اختلاف معنی‌داری ($p \geq 0.05$) مشاهده نشد. مقایسه میانگین‌های اثرگذاری ساده نشان داد که توده اصفهان در بین توده‌های موردبررسی بیشترین میزان پایداری غشاء را داشت و توده‌های تبریز، همدان، ساری، آمل، مشهد و یاسوج نسبت به این توده به ترتیب ۹/۰۱، ۹/۸۴، ۵/۸۵، ۴/۹۶، ۷/۰۳، ۱/۶۲، ۸/۳۲ درصد کاهش نشان دادند. بنابراین توده اصفهان و در مرحله بعد توده‌های مشهد و چالوس نسبت به دیگر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده‌ها در برابر شوری از نظر سبزینه a بودند (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش شوری، درصد پایداری غشاء کاهش یافت به‌طوری‌که این صفت در آخرین سطح شوری (۱۸۰ میلی‌مولار) نسبت به شاهد (۰ میلی‌مولار) ۱۵/۶۶ درصد کاهش نشان داد. البته بین سطح دوم و سطح سوم شوری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۳). همه یاخته‌ها با غشاء پلاسمایی که باعث جدا کردن سیتوپلاسم از محیط خارج می‌شود احاطه شده‌اند و این غشاء باعث می‌شود که یاخته ضمن اینکه مواد

ارتباط معکوس بین تجمع سدیم و نورساخت نیز در گیاه برنج نشان داده شده است (Yeo & Flowers, 1984). همچنین این محققان نشان دادند که میزان سدیم تابعی از زمان و شدت اعمال شوری است. سدیم ممکن است با عناصر Ca^{+} و K^{+} تداخل کرده و به کمبود این عناصر منتهی شود. (Ashraf et al., 2008) نیز نتایج همسانی را در مورد میزان عناصر پتاسیم و سدیم در گیاه *Ammi majus* بیان داشتند. غلظت زیاد سدیم در اندام هوایی دامنه‌ای از مشکلات اسمزی و متابولیک گیاه را موجب شده و سمیت احتمالی ناشی از تجمع بیش از حد این یون در اندام گیاهی و کاهش تولید ماده خشک گیاه را به دنبال خواهد داشت (Tester & Davenport, 2003).

در مورد میزان سدیم در اندام‌های هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار ($P \leq 0.01$) شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل توده و شوری (شکل ۱) بیانگر این مطلب است که توده چالوس با میانگین mg/gDw (۲/۹۹) در شوری ۱۸۰ میلی‌مولار بیشترین میزان تجمع سدیم در اندام‌های هوایی را داشته است که نشان می‌دهد به تدریج با افزایش شوری، میزان تجمع سدیم در توده‌های حساس به شوری افزایش پیدا کرده است. بنابراین توده‌های یاسوج و چالوس به ترتیب بیشترین و کمترین تحمل به شوری را در بین دیگر توده‌ها از نظر میزان تجمع سدیم در اندام‌های هوایی را داشتند.

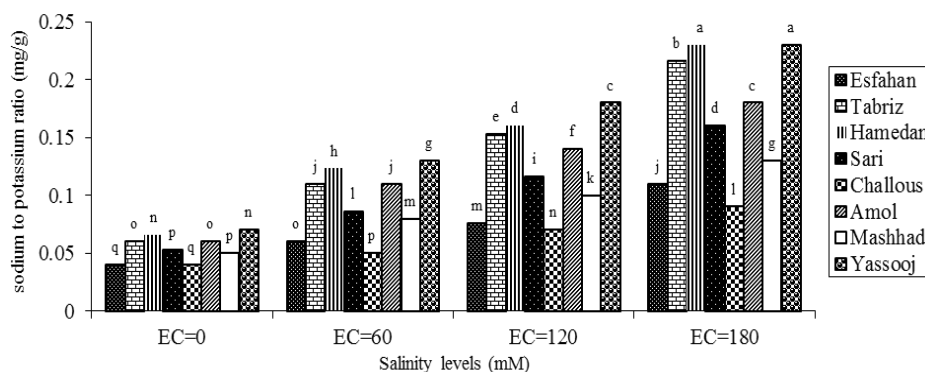


شکل ۱. بررسی اثر متقابل توده و شوری بر میزان سدیم در اندام هوایی هشت توده بومی شنبليله

Figure 1. Interaction of landraces and salinity on the amount of sodium in shoot of eight fenugreek landraces.

آنتاگونیستی) بین Na^{+} و K^{+} در رازیانه که باعث کاهش جذب K^{+} و افزایش تجمع Na^{+} و کاهش رشد و ساخت ترکیب‌های آلی به دلیل نبود K^{+} را گزارش کردند. به هم خوردن نسبت‌های یونی در گیاه در شرایط شوری، حاصل تداخل جذب سدیم با پتاسیم است. همسانی بین شعاع یون هیدراته سدیم و پتاسیم، عمل تمایز بین دو یون یادشده را برای پروتئین‌های ناقل مشکل ساخته و بدین ترتیب سمیت سدیم فراهم می‌شود. فعالیت آنزیم‌های موجود در سیتوپلاسم حساسیت زیادی به نمک دارد و لذا حفظ نسبت زیاد پتاسیم به سدیم در سیتوسول، یک نیاز اساسی برای رشد گیاه در شرایط شوری زیاد است (Apse & Blumwald, 2002).

بنابر نتایج تجزیه واریانس، همه اثرهای ساده و متقابل در مورد میزان سدیم به پتاسیم در اندام‌های هوایی در سطح ۱ درصد معنی‌دار ($P \leq 0.01$) شد (جدول ۱). مقایسه میانگین اثر متقابل توده و شوری (شکل ۲) نشان داد که با افزایش تنش شوری میزان سدیم به پتاسیم به تدریج در اندام‌های هوایی افزایش یافت به طوری که بیشترین و کمترین میزان این صفت به ترتیب در توده‌های یاسوج و چالوس نسبت به دیگر توده‌ها در سطح آخر شوری نسبت به شاهد مشاهده شد. بنابراین توده‌های یاسوج و چالوس به ترتیب حساس‌ترین و متحمل‌ترین توده‌ها به شوری از لحاظ این صفت بودند. اثر ناهمسازی (Graifen berg et al., 1996)



شکل ۲. بررسی اثر متقابل توده و شوری بر نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی هشت توده بومی شنبلیه
Figure 2. Interaction of landraces and salinity on sodium to potassium ratio in shoot of eight fenugreek landraces.

شوری (*Ammi majus* L.) در بخش‌های مختلف این گیاه نشان دادند و Gadallh (1999) نیز این اثر را تأیید کرد. افزایش پرولین در گیاهان دارویی تحت تنش شوری در زیره سیاه، بادیان رومی، انیسون و گشنیز (Udagawa *et al.*, 1995) گزارش شده است.

نتیجه‌گیری

با بررسی همه صفات اندازه‌گیری شده می‌توان نتیجه گرفت که سطوح مختلف شوری اثرگذاری‌های منفی معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ، پایداری غشاء، سبزینه a، سبزینه b، سبزینه کل و پتاسیم شنبلیه دارد و توده‌های چالوس، مشهد و اصفهان به‌واسطه مقادیر بالای در بیشتر این صفات به ترتیب به‌عنوان توده‌های متحمل به شوری ارزیابی شدند. توده‌های تبریز، همدان و یاسوج نیز به دلیل داشتن واکنش به نسبت ضعیف در برابر شوری به‌عنوان توده‌های حساس به شوری و توده‌های آمل و ساری به‌عنوان توده‌های نیمه حساس به شوری ارزیابی شدند. با افزایش سطوح شوری میزان سدیم، سدیم به پتاسیم و پرولین در بخش هوایی توده‌های بومی شنبلیه افزایش نشان داد به‌طوری‌که توده‌های چالوس، مشهد و اصفهان به‌واسطه مقادیر پایین سدیم و سدیم به پتاسیم و مقادیر بالای پرولین در سطح آخر شوری (۱۸۰ میلی‌مولار) نسبت به شاهد (۰ میلی‌مولار) متحمل‌ترین توده‌ها به شوری بودند. در رابطه با سطوح شوری، با افزایش غلظت نمک کلرید سدیم در سطح دوم شوری (۶۰ میلی‌مولار)، در همه صفات

پرولین

در این آزمایش، اختلاف بین توده‌ها و غلظت‌های مختلف شوری از نظر میزان پرولین در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود ولی در مورد اثر متقابل توده و شوری روی این صفت تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) مشاهده نشد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد توده چالوس با میانگین ۱۱/۲۶ ($\mu\text{m/gdw}$) و توده تبریز با میانگین ۷/۱۹ ($\mu\text{m/gdw}$) به ترتیب بیشترین و کمترین میزان پرولین را در بین توده‌های مورد بررسی داشتند. بنابراین توده چالوس نسبت به دیگر توده‌های مورد آزمایش متحمل‌ترین توده در برابر شوری از نظر میزان پرولین بود (جدول ۲). افزایش شوری باعث افزایش انباشت پرولین شد به‌طوری‌که سطح آخر شوری نسبت به همه سطوح شوری بیشترین میزان پرولین را نشان داد و اختلاف آن با سطوح ۰، ۶۰ و ۱۲۰ میلی‌مولار معنی‌دار بود. در بین چهار سطح شوری پس از تیمار شاهد کمترین میزان پرولین با میانگین ۷/۵۷ ($\mu\text{m/gdw}$) متعلق به سطح ۶۰ میلی‌مولار بود و بیشترین میزان این صفت با میانگین ۱۰/۵۰ ($\mu\text{m/gdw}$) به سطح آخر شوری اختصاص داشت (جدول ۳). افزایش اسیدآمین پرولین در تنش شوری ثابت می‌کند که پرولین نقش مهمی در تنظیم اسمزی و ایجاد مقاومت به تنش را در این شرایط دارد. پرولین باعث حفظ آبگیری (هیدراسیون) پروتئین‌ها در بافت‌های آبدار (هیدراته) شده و منجر به بقای فعالیت‌های یاخته‌ای می‌شود (Madan *et al.*, 2005). Ashraf *et al.* (2004) نقش پرولین را در تحمل به

موردبررسی به‌جز محتوای رطوبت نسبی و میزان سدیم، روند معنی‌داری مشاهده شد؛ ولی تأثیر منفی و معنی‌دار شوری در سطح آخر شوری در همه صفات موردبررسی نسبت به شاهد مشاهده شد. به‌عنوان یک نتیجه‌گیری کلی، به نظر می‌رسد بتوان از توده‌های چالوس، مشهد و اصفهان به‌عنوان توده‌های حاوی ژن‌های متحمل به شوری برای اصلاح توده‌هایی با ظرفیت عملکرد زیاد در مناطق شور استفاده کرد.

REFERENCES

1. Apse, M. P. & Blumwald, E. (2002). Engineering salt tolerance in plant. *Journal of Biotechnology*, 13, 146-150.
2. Ashraf, M., Mukhtar, N., Rehman, S. & RHA, E. S. (2004). Salt-induced changes in photosynthetic activity and growth in a potential medicinal plant Bishop's weed (*Ammi majus* L.). *Journal of Photosynthetica*, 42(4), 543-550.
3. Blum, A. & Ebercon, A. (1981). Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. *Journal of Crop Science*, 21, 43-47.
4. Chookhampaeng, S. (2011). The Effect of salt stress on growth, chlorophyll content proline content and antioxidative enzymes of pepper (*Capsicum annum* L.) seedling. *European Journal of Scientific Research*, 49, 103-109.
5. Francois, L. E., Donovan, T. J., Mass, E.V. & Rubenthaler, G.L. (1988). Effect of salinity on grain yield and quality, vegetative growth and germination of triticale. *Journal of American Society of Agronomy*, 156, 1256-1021.
6. Gadallah, M.A.A. (1999). Effects of proline and glycinebetaine on Vicia faba responses to salt stress. *Journal of Biologia Plantarum*, 42, 249-257.
7. Graifen berg, A., Botrini, L., Giustiniani, L. & Lipuccidipaola, M. (1996). Salinity affects growth yield and element concentration of fennel. *Journal of Hort Science*, 31(7), 1131-1134.
8. Hanson, B.R., Grattan, R. & Fulton, A. (1999). *Agricultural salinity and drainage*. University of California Irrigation Program University of California. Davis. USDA., USA.
9. Heidari Sharif Abad, H. (2001). *Plants and salinity*. Research Institute of Forests and Rangelands press. Tehran. (in Farsi)
10. Hejazi, A., Shahroodi, M. & Ard Foroush, J. (2005). *Analytical methods of vegetation*. The first edition of Tehran University Press. (in Farsi)
11. Jacoby, B. (1999). Mechanisms involved in salt tolerance of plants. *Handbook of plant and crop stress*, 2, 97-123.
12. Kafi, M. & Mehdi Damghani, M. (2002). *Mechanisms of environmental stress resistance in plants*. Author. Basra, A.S and Basra, A.R.K. Ferdowsi University of Mashhad Press.
13. Kafi, M., Asadi, H. & Ganjeali, A. (2010a). Possible utilization of high-salinity waters and application of low amounts of water for production of the halophyte *Kochia scoparia* as alternative fodder in saline agroecosystems. *Journal of Agricultural Water Management*, 97, 139-147.
14. Kafi, M., Borzouei, A., Salehi, M., Kamandi, E., Masumi, E. & Nabati, J. (2010b). *Physiology of plants to environmental stresses*. Mashhad University Press. P. 502. (in Farsi)
15. Kaya, C., Higgs, D., Ince, F., Amador, B. M., Caki, A. & Sakar, E. (2003). Ameliorative effects of potassium phosphate on salt-stressed pepper and cucumber. *Journal of Plant Nutrition*, 26, 807-820.
16. Khan, M. A., Ahmad, M.Z. & Hameed, A. (2006). Effect of sea salt and L- ascorbic acid on the seed germination of halophytes. *Journal of Arid Environments*, 67, 535-540.
17. Khavari Nejad, R. (1997). *Plant physiology practical*. Publishers Omidi Tehran, 150-154. (in Farsi)
18. Madan, S., Nainwatee, H. S., Jain, R. K. & Chowdhury, J. B. (2005). Proline and proline metabolizing enzymes in invitro selected NaCl tolerant Brassica juncea under salt stress. *Journal of Annals of Botany*, 76, 51- 57.
19. Marcum, K. B. (1998). Cell membrane theromotability and whole-plant heat tolerance of Kentucky bluegrass. *Journal of Crop Science Society of America*, 38, 1214-1218.
20. Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. *Journal of Plant, Cell and Environment*, 25, 239-250.
21. Navari, I. F., Izzo, R., Bottazzi, F. & Ranieri, A. (1988). Effects of water stress and salinity on sterols in *Zea mays* shoots. *Journal of Phytochemistry*, 27(10), 3109-3116.
22. Omid baigi, R. (2004). *Production and processing of medicinal plants*. Astane Ghodse Razavi Publication. (in Farsi)
23. Parida, A. K. & Das, A. B. (2005). Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.

24. Parvaiz, A. & Satyawati, S. (2008). Salt stress and phyto-biochemical responses of plants. *Journal of Plant Soil Environ*, 54, 89-99.
25. Saha, P., Chatterjee, P. & Biswas, A.K. (2010). NaCl pretreatment alleviates salt stress by enhancement of antioxidant defense system and osmolyte accumulation in mugbean (*Vigna radiate* L.). *Indian Journal of Experimental Biology*, 48, 593-600.
26. Salehi, M., Koocheki, A. & Nasiri Mahalati, M. (2005). The amount of nitrogen and chlorophyll content as an indicator of salinity in wheat. *Journal of Agricultural Research*, 2 (27): 22-1. (In Farsi).
27. Santos, C. V. (2004). Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves. *Journal of Scientia Horticulturae*, 103, 93-99.
28. Shannon, M. C. & Grieve, C. M. (1999). Tolerance of vegetable crops to salinity. *Journal of Scientia Horticulturae*, 78, 5-38.
29. Taherzadeh, M. H. (2005). Determination of the distribution of Khuzestan saline and sodic soils in the province to support RS-GIS and improvements of the methods they use ordinary water and salt water. In: Proceedings of the seminar on water. Agriculture and future challenges, 85-64. (in Farsi)
30. Taiz, L. & Zeiger, E. E. (1998). *Journal of Plant physiology*. Sinauer Assoc., Inc. NY, USA. 489.
31. Tester, M. & Davenport, R. (2003). Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. *Journal of Annals of Botany*, 91, 503-527.
32. Udagawa, Y., Ito, T., Tognoni, F., Nukaya, A. & Maruo, T. (1995). Some responses of dill (*Anethum graveolens* L) and thyme (*Thymus vulgaris* L.), grown in hydroponics to the concentration of nutrient solution. *Journal of Acta Horticulturae*, 396, 203-210.
33. Yarnia, M., Heydari Sharif Abad, H., Hashemi Dezfuli, A., Rahim Zadeh Khui, F. & Ghalavand, A. (2005). Evaluation of tolerance to salinity in alfalfa lines (*Medicago sativa* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science*, 3(4), 12-26.
34. Yeo, A. R. & Flowers, T. J. (1984). Mechanisms of salinity resistance in rice and their role as physiological criteria in plant breeding in salinity tolerance in plants. *Strategies for Crop Improvement*, 151-170.
35. Zhang, S., Weng, J., Pan, J., Tu, T., Yao, S. & Xu, C. (2003). Study on the photogeneration of superoxide radicals in Photosystem II with EPR spin trapping techniques. *Journal of Photosynthesis Research*, 75, 41-48.